



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 46 453 C 2

⑤ Int. Cl.⁷:
H 04 B 15/00
G 01 R 15/00

⑦1 Aktenzeichen: 198 46 453.3-35
⑦2 Anmeldetag: 8. 10. 1998
⑦3 Offenlegungstag: 27. 4. 2000
⑦5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 12. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

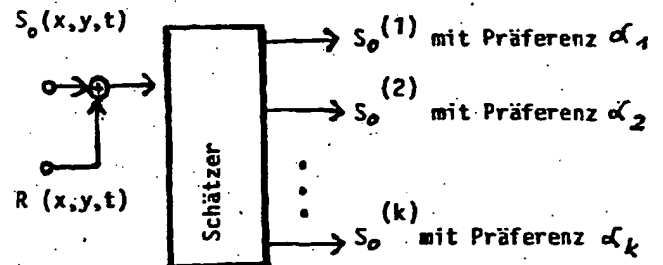
⑦4 Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801
München

⑦2 Erfinder:
Nie, Yiaoning, Dr.-Ing., 85591 Vaterstetten, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 31 14 275 C2
DE-PS 12 71 161
US 54 90 094

⑤4 Verfahren zur Unterdrückung des Rauschens in Signalen

⑤7 Verfahren zur Unterdrückung des Rauschens in ein- oder mehrdimensionalen Signalen, wobei aufgrund einer Messung des rauschbehafteten Signals $S(x, y, t)$ mehrere Schätzungen für das rauschfreie Nutzsignal $S_0(x, y, t)$ durchgeführt werden und sodann ein neuer Schätzwert $\hat{S}_0(x, y, t)$ für das Nutzsignal aus den erhaltenen Schätzwerten $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass jedem der erhaltenen Schätzwerte $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ für jeden Punkt (x, y, t) individuell eine Präferenz $\alpha_j(x, y, t)$ mit $j = 1, 2, \dots, k$ zugeordnet wird und sodann der neue Schätzwert $\hat{S}_0(x, y, t)$ für das Nutzsignal durch mit den Präferenzen $\alpha_j(x, y, t)$ gewichtete arithmetische Mittelwertbildung aus den Schätzwerten $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ gebildet wird.



DE 198 46 453 C 2

DE 198 46 453 C 2

Beschreibung

[0001] In vielen Fällen wird ein Signal mit unerwünschtem Rauschen überlagert, sei es bei der Aufnahme des Signals oder im Laufe einer Übertragung. Die Signale können 1-dimensional sein, z. B. Sprachsignale; oder 2-dimensional, z. B. Standbilder, oder 3-dimensional, z. B. Bildsequenzen. Generell kann das Problem der Rauschunterdrückung wie folgt aufgefaßt werden:

Einem Nutzsignal $S_0(x, y, t)$ wird ein Rauschsignal additiv zugesetzt:

$$S(x, y, t) = S_0(x, y, t) + R(x, y, t)$$

[0002] Die Frage lautet: Wie erhält man eine gute Schätzung für $S_0(x, y, t)$ wenn $S(x, y, t)$ gemessen (also bekannt) ist und eventuell wenn die statistischen Eigenschaften von $R(x, y, t)$ bekannt sind.

[0003] Viele Algorithmen zur Rauschunterdrückung setzen ein konstantes Signal voraus und führen in der Regel eine einfache Mittelung des beobachteten Signals aus. Dabei wird generell davon ausgegangen, daß das Nutzsignal im Vergleich zu Rauschen geringere Bandbreite hat. Durch einen Tiefpaß wie z. B. ein Mittelungsfiler kann das Signalrauschverhältnis verbessert werden. Gerade bei der Annahme der geringeren Bandbreite liegt jedoch das Problem einer solchen Vorgehensweise, denn die Details in einem Bild oder Hörentöne in der Musik sind ebenfalls im hohen Frequenzbereich zu finden. Sie leiden in der Regel unter der einfachen Mittelung. Erforderlich sind daher solche Filter mit detailerhaltender Eigenschaft.

[0004] Die gängigsten Methoden im Stand der Technik sind dabei die sogenannten signaladaptiven Verfahren. Dabei versucht man im beobachteten Signal, die Signaldynamik zu detektieren, um bei großen Signaländerungen stärker zu mitteln als bei kleinen. Die Gewichtungen dabei werden in der Regel direkt auf das gemessene Signal angewandt. Beispielsweise bei der Bildverarbeitung sucht man in der Regel bestimmte Werte aus, die weniger Signaldynamik aufweisen. Auf diese wird ein Mittelungsfiler angewandt.

Beispiel

[0005] Mittelung von 3 Pixeln, die als ein homogenes Feld aufgefaßt werden können.

[0006] Nachteil dabei ist es, daß die anderen Punkte nicht berücksichtigt werden, die ebenfalls mehr oder weniger Information tragen, die zur Verbesserung der Schätzwerte beitragen könnte.

[0007] Aus der DE 31 14 275 C2 ist ein gattungsgemäßes Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bekannt, wobei für ein zweidimensionales Bildsignal mehrere Schätzwerte für einen gestörten Bildpunkt ermittelt und die einzelnen Schätzwerte zu einem Ersatzwert für den gestörten Bildpunkt kombiniert werden. Jeder dieser einzelnen Schätzwerte wird dabei durch eine herkömmliche arithmetische Mittelwertbildung von jeweils zwei zu dem gestörten Bildpunkt benachbart angeordneten Bildpunkten, welche auf einer durch den gestörten Bildpunkt verlaufenden gemeinsamen Bezugslinie liegen, ermittelt.

[0008] Des Weiteren ist aus der DE-PS 12 71 161 bekannt, mit Hilfe eines Speichers zeitlich aufeinander folgende Signalwerte einzelner Bildelemente eines Fernsehsignals zu mitteln, die gemittelten Signalwerte mit den entsprechenden Signalwerten vor dem Speicher zu vergleichen und das daraus resultierende Differenzsignal einem nicht linearen Glied zuzuführen. Das nicht lineare Glied weist für kleine, vorzugsweise dem Störpegel des Bildsignals entsprechende Signalwerte ein kleineres Übertragungsmaß auf als für größere, den Störpegel überschreitende Signalwerte, wobei das Ausgangssignal des nicht linearen Glieds dem vom Speicher abgenommenen Signal hinzugefügt wird, um den Störabstand des Fernsehsignals zu vergrößern.

[0009] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Unterdrückung des Rauschens in ein- oder mehrdimensionalen Signalen anzugeben, bei dem die hohen Frequenzbereiche nicht so stark gedämpft werden, so dass entsprechende Details erhalten bleiben.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Die Unteransprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0011] Erfindungsgemäß werden mehrere Schätzungen für das rauschfreie Nutzsignal durchgeführt und jedem der erhaltenen Schätzwerte für jeden Punkt individuell eine Präferenz zugeordnet, um dann einen neuen Schätzwert für das Nutzsignal durch mit der Präferenz gewichtete arithmetische Mittelwertbildung aus den einzelnen Schätzwerten zu erhalten. Die Berechnung des neuen Schätzwerts erfolgt vorzugsweise nach folgender Formel:

$$\bar{S}_0(x, y, t) = \sum_{j=1}^k \frac{\alpha_j(x, y, t)}{A} S_0^{(j)}(x, y, t)$$

wobei

$$A = \sum_{j=1}^k \alpha_j(x, y, t) \text{ ist.}$$

[0012] Besonders bevorzugt ist es dabei, daß die statistischen Eigenschaften des Rauschens zur Ermittlung der Präferenzwerte herangezogen werden.

[0013] Bei eindimensionalen Signalen ist es besonders bevorzugt, die Schätzwerte mit den folgenden Formeln zu berechnen:

$$S^{(1)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 + 1)];$$

$$\alpha_1(t_0) = \frac{1}{[S(t_0) - S^{(1)}(t_0)]^2};$$

$$S^{(2)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 - 1)];$$

$$\alpha_2(t_0) = \frac{1}{[S(t_0) - S^{(2)}(t_0)]^2};$$

$$S^{(3)}(t_0) = S(t_0);$$

$$\alpha_3(t_0) = \frac{1}{\sigma_n^2} \text{ und}$$

$$\bar{S}(t_0) = \frac{\sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot S^{(i)}(t_0)}{\sum_{i=1}^3 \alpha_i}$$

[0014] Bei zweidimensionalen Signalen ist es besonders bevorzugt, die Mittelwerte aus den gemessenen Signalwert und den acht jeweils benachbarten gemessenen Signalwerten zu bilden und jeweils mit einem Faktor zu gewichten, der als der Kehrwert des Quadrates der Differenz zwischen dem gemessenen Signalwert und dem jeweiligen Mittelwert definiert ist und sodann aus dem Mittelwert der mit diesem Faktor gewichteten Schätzwerte und dem mit einem vom Benutzer vorgegebenen oder gem. der Formel $1/\sigma_n$, wobei σ_n die statistische Varianz des Rauschens darstellt, berechneten Faktor gewichteten Meßwert den neuen Schätzwert für das rauschfreie Signal zu bestimmen.

[0015] Bei dreidimensionalen Signalen, beispielsweise Fernsehbildern, ist es besonders bevorzugt, als ersten Schätzwert das Schätzergebnis des vorherigen Abtastzeitpunktes, als zweiten Schätzwert den Mittelwert des aktuellen Bildpunktes und der auf der gleichen Zeile vor und hinter ihm liegenden Punkte und als dritten Schätzwert den Wert des aktuellen Bildpunktes zu verwenden, wobei die drei Schätzwerte bei der Bestimmung des endgültigen Schätzwertes für das rauschfreie Signal durch Mittelung aus den drei Schätzwerten mit folgenden Faktoren gewichtet werden:

Das Schätzergebnis des vorherigen Abtastzeitpunktes mit dem Kehrwert des Quadrates der Differenz des vorherigen Schätzwertes und des aktuellen Meßwertes, der Mittelwert des aktuellen Bildpunktes und der auf der gleichen Zeile vor und hinter ihm liegenden Punkte mit dem Kehrwert des Quadrates der Differenz dieses Mittelwertes und des aktuellen Meßwertes und der aktuelle Meßwert mit dem Kehrwert der statistischen Varianz des Rauschens oder einem vom Benutzer einstellbaren Wert.

[0016] Weiter ist es bevorzugt, für die Präferenzwerte bzw. Gewichtungsfaktoren eine obere und eine untere Grenze festzulegen.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den beigefügten Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

[0018] Fig. 1 eine schematische Darstellung des Grundprinzips der Erfindung für dreidimensionale Signale;

[0019] Fig. 2 die erfindungsgemäße Mittelung der Signale;

[0020] Fig. 3 ein beispielhaftes eindimensionales rauschbehaftetes Signal;

[0021] Fig. 4 eine beispielhafte Funktion für die Bestimmung der erfindungsgemäßen Gewichtungsfaktoren;

[0022] Fig. 5 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens für ein eindimensionales Signal $S(t)$

[0023] Fig. 6 ein beispielhaftes zweidimensionales rauschbehaftetes Signal;

[0024] Fig. 7 ein beispielhaftes dreidimensionales Signal; und

[0025] Fig. 8 ein Schema für die erfindungsgemäße Verarbeitung eines rauschbehafteten dreidimensionalen Signals.

[0026] Erfindungsgemäß wird ein allgemeines zweistufiges Verfahren vorgeschlagen: Mit der Messung von $S(x, y, t)$ und eventuell mit der Erkenntnis der statistischen Eigenschaft des Rauschens kann man mehrere Schätzungen $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ durchführen. Ordnet man jedem dieser Schätzwerte für jeden Punkt (x, y, t) individuell eine Präferenz $\alpha_j(x, y, t)$ $j = 1, 2, \dots, k$ zu, so gilt für den neuen Schätzwert:

$$\bar{S}_0(x, y, t) = \sum_{j=1}^k \frac{\alpha_j(x, y, t)}{A} S_0^{(j)}(x, y, t)$$

wobei

$$A = \sum_{j=1}^k \alpha_j(x, y, t)$$

ist.

[0027] Schematisch ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Bildung der Schätzwerte $S_0^{(i)}$ und der zugehörigen Präferenzwerte in Fig. 1 dargestellt. Die entsprechende Mittelwertbildung ist schematisch in Fig. 2 dargestellt.

10 [0028] Im folgenden soll das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels, welches sich mit einem eindimensionalen Signal $S(t)$ befaßt, näher dargestellt werden.

[0029] Das entsprechende Signal $S(t)$ ist in Fig. 3 dargestellt.

[0030] Beobachtet wurde das Signal $S(t)$. Gesucht ist nun der Schätzwert $\bar{S}(t_0)$. Man ermittelt die Schätzwerte $S^{(i)}(t_0)$ durch die Bildung des arithmetischen Mittels aus den zeitlich benachbarten Werten $S(t_0)$; $S(t_0 + 1)$; $S(t_0 - 1)$:

$$15 \quad S^{(1)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 + 1)]$$

und den Gewichtungsfaktor $\alpha_1(t_0) = f(|S(t_0) - S^{(1)}(t_0)|)$

20 sowie

$$S^{(2)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 - 1)];$$

$$25 \quad \alpha_2(t_0) = f(|S(t_0) - S^{(2)}(t_0)|);$$

und $S^{(3)}(t_0) = S(t_0)$

[0031] Zur Berechnung der Präferenzwerte oder Gewichtungsfaktoren α_i dient dabei eine Funktion $f(\Delta)$, die einen gegebenen Verlauf aufweist. Als besonders bevorzugt hat sich hierbei beispielsweise die Funktion $f(\Delta) = 1/\Delta^2$ erwiesen, wobei es weiter besonders bevorzugt ist, einen oberen Grenzwert LO und einen unteren Grenzwert LU für die Funktion $f(\Delta)$ vorzusehen.

[0032] Nunmehr muß noch der Gewichtungsfaktor für den aktuell gemessenen Meßwert $S(t_0)$ bestimmt werden.

[0033] Wenn σ_n^2 als Varianz des Rauschens bekannt ist, kann $\alpha_3 = 1/\sigma_n^2$ angesetzt werden. Sonst kann α_3 als vom Benutzer einstellbare Größe angenommen werden.

35 [0034] Zur Bestimmung des erfindungsgemäßen verbesserten Schätzwertes $\bar{S}(t)$ dient also diese Formel:

$$\bar{S}(t_0) = \left(\sum_1^3 \alpha_i S^{(i)}(t_0) \right) / \sum_1^3 \alpha_i.$$

40

[0035] Die Fig. 5 zeigt eine nichtrekursive Anordnung zur schaltungstechnischen Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens. In dieser Schaltung wird das rauschbehaftete Signal $S(t)$ einem Schätzer 10 zugeführt. Diese Schaltung 10 verfügt über zwei Speicher für die vorausgegangenen Werte $(t-1)$ und $S(t-2)$. Auf diese Weise kann die Schaltung 10 sodann um einen Schritt verzögert die nach der erfindungsgemäßen Formel errechneten Schätzwerte $S^{(1)}(t)$, $S^{(2)}(t)$ und $S^{(3)}(t)$ zur Verfügung stellen. Am Ausgang der Schaltung 10 liegen also diese drei Schätzwerte an.

45

[0036] Um bei der Gewichtung dieser Werte einen Verstärker mit regelbarer Verstärkung einzusparen, nimmt man folgende Umrechnungen vor:

$$50 \quad \beta_1 = \frac{\alpha_1}{(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)} \quad \text{und} \quad \beta_2 = \frac{\alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)}.$$

[0037] Sodann gilt für $\beta_3 = 1 - \beta_1 - \beta_2$ wegen der Normierung der Gewichtungsfaktoren.

55

[0038] Man kann dann die am Ausgang der Schaltung 10 anliegenden Signale folgendermaßen mit nur zwei steuerbaren Verstärkern weiterverarbeiten: Das Signal $S^{(3)}(t)$ wird mit negativen Vorzeichen auf jeweils zwei Summationspunkte geführt, auf denen die Signale $S^{(1)}(t)$ bzw. $S^{(2)}(t)$ mit positiven Vorzeichen addiert werden. Der Ausgang dieser Summationspunkte führt dann zum Eingang der jeweils mit den Faktoren β_1 und β_2 verstärkenden regelbaren Verstärker. Deren Ausgänge werden in einem weiteren Summationspunkt miteinander und mit dem Signal $S^{(3)}(t)$ addiert. Am Ausgang dieses Summationspunktes liegt sodann der verbesserte Schätzwert $\bar{S}(t_0)$ an.

60

[0039] Im folgenden wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Verarbeitung eines zweidimensionalen Signals, wie es in Fig. 6 dargestellt ist, beschrieben. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Standbild handeln. Die Vorgehensweise ist dabei die folgende:

Man teilt die zu (x_0, y_0) benachbarten Punkte in acht Teilmengen. In jeder Richtung kann man den Mittelwert bilden und erhält $S^{(1)}(x_0, y_0), \dots, S^{(8)}(x_0, y_0)$. Die Präferenzwerte sind dann:

65

$$\alpha_i = f(|S(x_0, y_0) - S^{(i)}(x_0, y_0)|), \quad i = 1, 2, \dots, 8; \quad \alpha_0 = 1/\sigma_n^2$$

und

$$f(\Delta) = \frac{1}{\Delta^2}$$

es ergibt sich in diesem Falle also für den verbesserten Schätzwert:

$$\bar{S}(x_0, y_0) = \left[\sum_1^9 \alpha_i S^{(i)}(x_0, y_0) \right] / \sum_1^9 \alpha_i$$

[0040] Es ist dabei besonders bevorzugt, bei der Funktion

$$f(\Delta) = \frac{1}{\Delta^2}$$

eine obere und eine untere Grenze festzulegen.

[0041] Weiter wird im folgenden ein erfindungsgemäßes Verfahren für die Verarbeitung eines dreidimensionalen Signals, also beispielsweise eines Fernsehbildes, angegeben. Ein solches Signal ist in der Fig. 7 dargestellt. Die vorliegende erfindungsgemäße Lösung berücksichtigt dabei, daß bei Fernsehbildern eine sehr große Anzahl von Daten sehr schnell verarbeitet werden muß, so daß einerseits keine allzugroßen Speicheranforderungen gestellt werden dürfen und andererseits keine zu komplexen Rechenoperationen vorgenommen werden sollen.

[0042] Als Schätzwerte sind erfindungsgemäß:

$$S^{(1)}(x_0, y_0, t_0) = \bar{S}(x_0, y_0, t_0 - 1)$$

$$S^{(2)}(x_0, y_0, t_0) = \text{Median} \{ S(x_0 - 1, y_0, t_0), S(x_0, y_0, t_0), S(x_0 + 1, y_0, t_0) \}$$

$$S^{(3)}(x_0, y_0, t_0) = S(x_0, y_0, t_0)$$

zu verwenden. Die zugehörigen Präferenzwerte sind

$$\alpha_1 = f(S^{(1)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0))$$

$$\alpha_2 = f(S^{(2)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0))$$

$$\alpha_3 = 1/\sigma_n^2$$

[0043] Es ergibt sich der Schätzwert

$$\bar{S}(x_0, y_0, t_0) = \left(\sum_1^3 \alpha_i S^{(i)}(x_0, y_0, t_0) \right) / \sum_1^3 \alpha_i$$

Setze

$$\beta_i = \alpha_i / \sum_1^3 \alpha_i$$

es folgt

$$\bar{S}(x_0, y_0, t_0) = \sum_{i=1}^3 \beta_i S^{(i)}(x_0, y_0, t_0)$$

mit $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$.

$$\bar{S}(x_0, y_0, t_0) = \beta_1 [S^{(1)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0)] + \beta_2 [S^{(2)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0)] + S(x_0, y_0, t_0)$$

[0044] Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich somit mit der in Fig. 8 dargestellten rekursiven Schaltungsanordnung realisieren. Wie in Fig. 8 dargestellt, wird das Signal $S(x, y, t)$, welches ja definitionsgemäß auch dem dritten Schätzwert $S^{(3)}(x_0, y_0, t_0)$ entspricht, einer Mittelwertbildungsschaltung 20 zugeführt. Diese Schaltung bildet den Mittelwert der Signale über die in der Zeile benachbarten Bildpunkte $S(x_0 - 1, y_0, t_0)$, $S(x_0, y_0, t_0)$, $S(x_0 + 1, y_0, t_0)$. Am Ausgang der Mittelwertbildungsschaltung 20 liegt damit der zweite Schätzwert an. Dieser wird einem Summationspunkt 22 zugeführt, an den auch das Eingangssignal mit negativem Vorzeichen zugeführt wird. Der Ausgang dieses Summationspunktes 22 wird einem regelbaren Verstärker 24 mit dem Verstärkungsfaktor β_1 zugeführt. Dessen Ausgang ist mit einem ausgangsseitigen Summationspunkt 26 verbunden.

[0045] Der Ausgang des ausgangsseitigen Summationspunktes 26 liefert den erfindungsgemäß verbesserten Schätzwert für $\bar{S}(x_0, y_0, t_0)$. Dieses Ausgangssignal wird gleichzeitig einem Speicher 30 zugeführt, in dem das Signal um einen Takt verzögert wird. Der Ausgang des Speichers 30 liefert somit den ersten Schätzwert, nämlich den Wert des selben Bildpunktes aus dem vorigen Abtastzeitpunkt, also dem vorigen Bild. Dieses Signal wird einem weiteren Summations-

punkt 32 zugeführt, dessen anderer Eingang mit dem negativen Eingangssignal $S(x, y, t)$ beaufschlagt ist. Der Ausgang dieses weiteren Summationspunktes 32 ist mit einem weiteren regelbaren Verstärker 34 verbunden, der mit dem Verstärkungsfaktor β_2 verstärkt. Der Ausgang dieses Verstärkers 34 wird ebenfalls additiv dem ausgangsseitigen Summationspunkt 26 zugeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterdrückung des Rauschens in ein- oder mehrdimensionalen Signalen, wobei aufgrund einer Messung des rauschbehafteten Signals $S(x, y, t)$ mehrere Schätzungen für das rauschfreie Nutzsignal $S_0(x, y, t)$ durchgeführt werden und sodann ein neuer Schätzwert $\bar{S}_0(x, y, t)$ für das Nutzsignal aus den erhaltenen Schätzwerten $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ gebildet wird, dadurch gekennzeichnet,

dass jedem der erhaltenen Schätzwerte $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ für jeden Punkt (x, y, t) individuell eine Präferenz $\alpha_j(x, y, t)$ mit $j = 1, 2, \dots, k$ zugeordnet wird und sodann der neue Schätzwert $\bar{S}_0(x, y, t)$ für das Nutzsignal durch mit den Präferenzen $\alpha_j(x, y, t)$ gewichtete arithmetische Mittelwertbildung aus den Schätzwerten $S_0^{(1)}, S_0^{(2)}, \dots, S_0^{(k)}$ gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung des Schätzwerts $\bar{S}_0(x, y, t)$ nach folgender Formel erfolgt:

$$\bar{S}_0(x, y, t) = \sum_{j=1}^k \frac{\alpha_j(x, y, t)}{A} S_0^{(j)}(x, y, t)$$

wobei

$$A = \sum_{j=1}^k \alpha_j(x, y, t)$$

ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die statistischen Eigenschaften des Rauschens zur Ermittlung der Präferenz $\alpha_j(x, y, t)$ herangezogen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3 für eindimensionale Signale $S(t)$, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Schätzwerte unter Heranziehung eines zeitlich früher liegenden Meßwertes und ein weiterer Schätzwert unter Heranziehung eines zeitlich später liegenden Meßwertes bestimmt wird und die zu diesen Schätzwerten gehörenden Gewichtungsfaktoren bzw. Präferenzwerte α_j signalabhängig bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß

$$S^{(1)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 + 1)],$$

$$\alpha_1(t_0) = \frac{1}{[S(t_0) - S^{(1)}(t_0)]^2};$$

$$S^{(2)}(t_0) = \frac{1}{2} [S(t_0) + S(t_0 - 1)];$$

$$\alpha_2(t_0) = \frac{1}{[S(t_0) - S^{(2)}(t_0)]^2};$$

$$S^{(3)}(t_0) = S(t_0);$$

$$\alpha_3(t_0) = \frac{1}{\sigma_n^2} \text{ und}$$

$$\bar{S}(t_0) = \frac{\sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot S^{(i)}(t_0)}{\sum_{i=1}^3 \alpha_i}$$

wobei σ_n^2 die statistische Varianz des Rauschens darstellt, oder vom Benutzer eingestellt werden kann.

6. Verfahren nach Anspruch 3 für zweidimensionale Signale $S(x, y)$, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Schätzwerte unter Heranziehung von benachbarten gemessenen Signalwerten bestimmt und mit signalabhängigen Gewichtungsfaktoren bzw. Präferenzwerten α_j gewichtet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß Mittelwerte $S^{(1)}(x_0, y_0); \dots; S^{(8)}(x_0, y_0)$ aus dem gemessenen Signalwert $S(x_0, y_0)$ und den jeweils benachbarten gemessenen Signalwerten $S(x_0 - 1, y_0); S(x_0 + 1, y_0); S(x_0 - 1, y_0 + 1); S(x_0 + 1, y_0 + 1); S(x_0 - 1, y_0 - 1); S(x_0 + 1, y_0 - 1); S(x_0, y_0 + 1); S(x_0, y_0 - 1)$ gebildet und mit einem Faktor α_j gewichtet werden, wobei

$$\alpha_j = \frac{1}{[S(x_0, y_0) - S^{(j)}(x_0, y_0)]^2},$$

und sodann aus dem Mittelwert der solcherart gewichteten Schätzwerte $S^{(1)}(x_0, y_0); \dots; S^{(8)}(x_0, y_0)$ und dem mit einem vom Benutzer vorgegebenen oder gemäß der Formel

$$\alpha_9 = \frac{1}{\sigma_n^2},$$

wobei σ_n^2 die statistische Varianz des Rauschens darstellt, berechneten Faktor α_9 gewichteten Meßwert $S(x_0, y_0)$ der Schätzwert $\bar{S}(x_0, y_0)$ bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 3 für dreidimensionale Signale $S(x_0, y_0, t_0)$, beispielsweise Fernsehbilder, dadurch gekennzeichnet, daß als erster Schätzwert $S^{(1)}(x_0, y_0, t_0)$, das Schätzergebnis des vorherigen Abtastzeitpunktes $\bar{S}(x_0, y_0, t_0 - 1)$, als zweiter Schätzwert $S^{(2)}(x_0, y_0, t_0)$ der Mittelwert des aktuellen Bildpunktes und der auf der gleichen Zeile vor und hinter ihm liegenden Punkte (Median $\{S(x_0 - 1, y_0, t_0), S(x_0, y_0, t_0), S(x_0 + 1, y_0, t_0)\}$) und als dritter Schätzwert $S^{(3)}(x_0, y_0, t_0)$ der Wert des aktuellen Bildpunktes $S(x_0, y_0, t_0)$ herangezogen wird, wobei der endgültige Schätzwert $\bar{S}(x_0, y_0, t_0)$ durch mit signalabhängigen Gewichtungsfaktoren bzw. Präferenzwerten α_j gewichtete Mittelung aus den drei Schätzwerten bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schätzwerte mit den folgenden Faktoren oder Präferenzwerten gewichtet werden:

$$S^{(1)}(x_0, y_0, t_0) \text{ mit } \frac{1}{[S^{(1)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0)]^2};$$

$$S^{(2)}(x_0, y_0, t_0) \text{ mit } \frac{1}{[S^{(2)}(x_0, y_0, t_0) - S(x_0, y_0, t_0)]^2};$$

und

$S^{(3)}(x_0, y_0, t_0)$ mit $1/\sigma_n^2$, wobei σ_n^2 die statistische Varianz des Rauschens darstellt oder vom Benutzer eingestellt werden kann.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4, 5, 6, 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß für die Präferenzwerte α_j bzw. Gewichtungsfaktoren $1/\sigma_n^2$ eine obere und eine untere Grenze festgelegt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

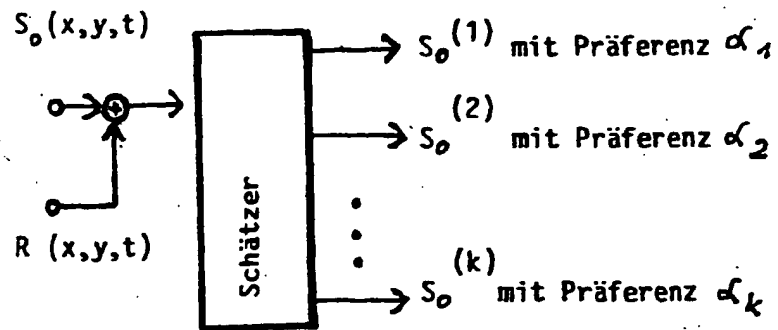


Fig. 1

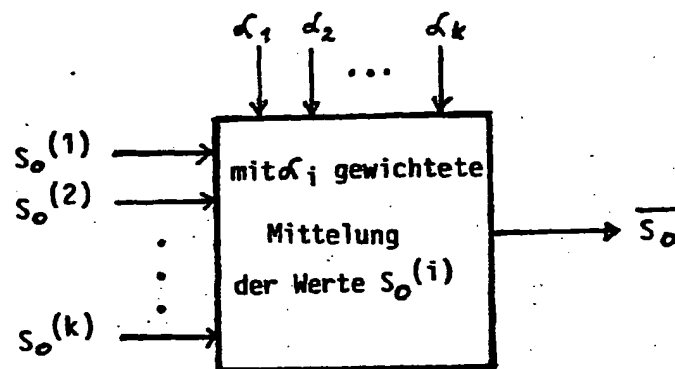


Fig. 2

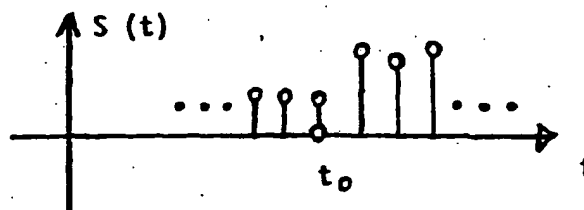


Fig. 3

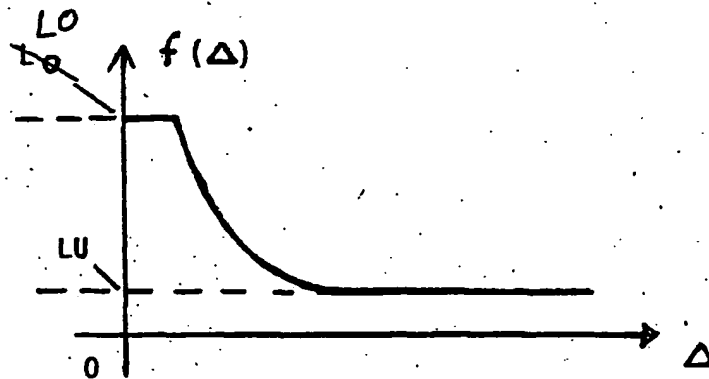


Fig. 4

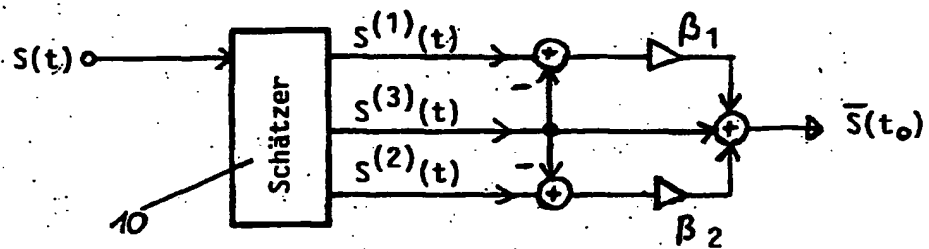


Fig. 5

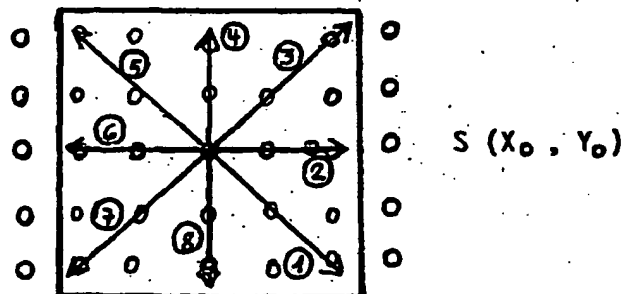


Fig. 6

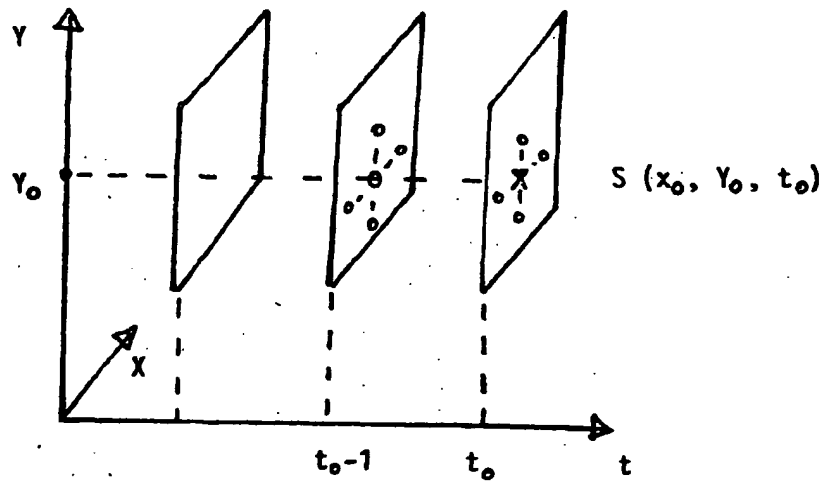


Fig. 7

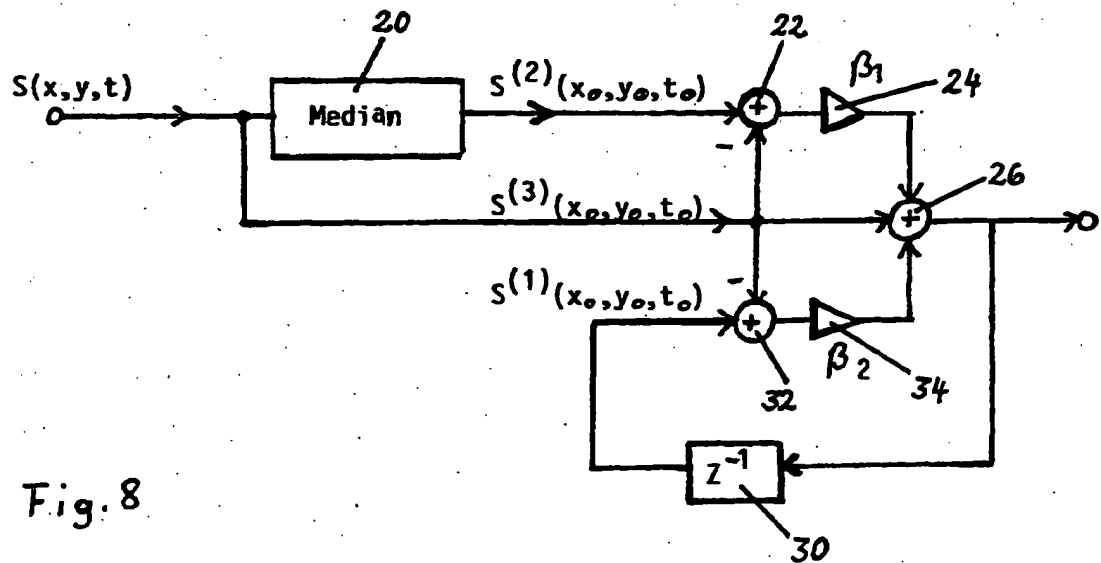


Fig. 8